

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. September 2001 (20.09.2001)

PCT

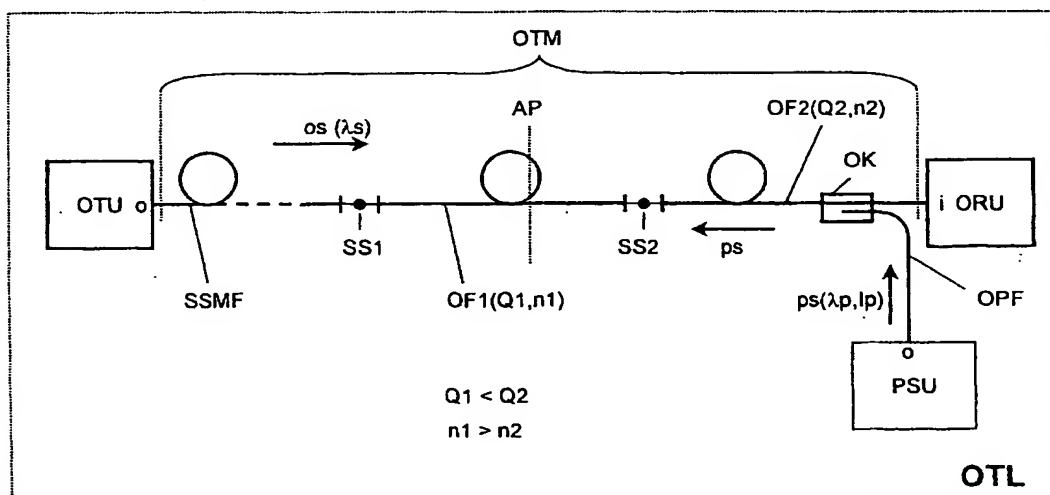
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/69821 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04B 10/17 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/00446 (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CREMER, Cornelius [DE/DE]; Kornblumenweg 12, 85586 Poing (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 6. Februar 2001 (06.02.2001) (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 12 881.5 16. März 2000 (16.03.2000) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RAMAN AMPLIFIER SYSTEM

(54) Bezeichnung: RAMANVERSTÄRKERANORDNUNG



(57) Abstract: During the transmission of optical signals (os) via a series circuit comprised of a standard single-mode fiber (SSMF), which is located on the transmit side, of a first optical fiber (OF1) and of a second optical fiber (OF2), which is located on the receive side, an optical pump signal (ps) is launched into the second optical fiber (OF2) on the receive side in order to produce the Raman effect in the first optical fiber (OF1). The effective noise factor of the Raman amplifier system is reduced due to the inventive selection of the first and second optical fibers (OF1, OF2) having different effective cross-sections (Q1, Q2) and nonlinearity constants (n1, n2).

(57) Zusammenfassung: Bei der Übertragung von optischen Signalen (os) über eine Serienschaltung aus einer sendeseitig angeordneten Standard-Einmodenfaser (SSMF), einer ersten optischen Faser (OF1) und einer empfangsseitig angeordneten zweiten optischen Faser (OF2) wird ein optisches Pumpsignal (ps) empfangsseitig in die zweite optische Faser (OF2) zur Erzeugung des Raman-Effektes in der ersten optischen Faser (OF1) eingekoppelt. Durch die erfindungsgemässe Wahl der unterschiedliche effektive Querschnitte (Q1, Q2) und Nichtlinearitätskonstanten (n1, n2) aufweisenden ersten und zweiten optischen Faser (OF1, OF2) wird die effektive Rauschzahl der Ramanverstärkeranordnung verringert.

WO 01/69821 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Beschreibung

Ramanverstärkeranordnung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Ramanverstärkeranordnung zur Verstärkung von über ein Übertragungsmedium übertragenen optischen Signalen.

10 In bestehenden und zukünftigen optischen Übertragungssystemen, insbesondere in nach dem WDM-Prinzip (Wavelength Division Multiplexing) arbeitenden Übertragungssystemen, werden optische Pumpsignale von einer Pumpwelle in eine optische Standard-Einmodenfaser eingekoppelt, um den Einkoppelort vorgelagerte optische Verstärker - beispielsweise Erbium-Verstärker
15 - mit der nötigen optischen Pumpleistung zu versorgen. Desweiteren werden derartige optische Pumpsignale zur direkten Verstärkung von zu übertragenden optischen Signalen benutzt, wobei die durch die optischen Pumpsignale hervorgerufene optische Verstärkung auf den Raman-Effekt basiert. Der Raman-
20 Effekt (engl. "Stimulated Raman Scattering") ist beispielsweise in "Nonlinear Fiber Optics" von Govind P. Agrawal, Academic Press, 1995, auf den Seiten 316 bis 322 beschrieben.

Als eine spezielle Ausführungsform für die Nutzung des Raman-
25 Effektes für optische Verstärkungsprobleme ist der Raman-Vorverstärker bekannt - siehe hierzu beispielsweise "Raman limited, truly unrepeated transmission ad 2.5 Gbit/s over 453 km with + 30 dBm launched signal power", E. Brandon, J.-P. Blondel, Seiten 563 bis 564, ECOC98, 20-24. September 1998,
30 Madrid, Spanien oder Govind P. Agrawal, "Nonlinear Fiber Optics", Academic Press, 1995, auf den Seiten 356 bis 359.

Hierbei wird ein leistungsstarkes optisches Pumpsignal unmittelbar vor der optischen Empfangseinrichtung einer optischen
35 Übertragungsstrecke in die optische Faser eingekoppelt, wobei sich das optische Pumpsignal entgegengesetzt zum optischen Datensignal im optischen Übertragungsmedium bzw. in der opti-

schen Faser ausbreitet. Für dieses leistungsstarke optische Pumpsignal wird aufgrund des Raman-Effektes eine bzw. mehrere von der Wellenlänge des Pumpsignals abhängige Stokeswellen in der optischen Faser erzeugt, welche unterschiedliche optische Signalwellen bzw. optische Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen in unterschiedlichen Faserarten verstärken. Bei bislang realisierten Raman-Vorverstärkern werden üblicherweise Wellenlängen von ca. 1450 bis 1460 nm aufweisende optische Pumpsignale verwendet, um Wellenlängen von 1550 bis 1560 nm aufweisende, optische Signale bzw. Datensignale effektiv vorzuverstärken, wobei hierbei die erste Stokeswelle zur Vorverstärkung des optischen Signals benutzt wird. Hierdurch kann die regenerationsfrei überbrückbare Übertragungslänge einer optischen Übertragungsstrecke erheblich verlängert werden, welches insbesondere bei der Realisierung einer optischen Übertragungsstrecke mit Hilfe eines optischen Tiefseekabels von enormen wirtschaftlichen Vorteil ist. Es kann eine um so größere regenerationsfrei überbrückbare Gesamtübertragungslänge der optischen Übertragungsstrecke erreicht werden, je weiter entfernt von dem Einkoppelort des optischen Pumpsignals durch den Ramaneffekt eine möglichst hohe Pumpleistung bzw. Ramanvorverstärkung erzeugt werden kann.

Die maximale Ramanverstärkung ist hierbei durch den Reflexionsverlust der Rayleighrückstreuung in der Übertragungsfaser begrenzt. Die Rayleighrückstreuung wird durch Faserverunreinigungen verursachte Dichteschwankungen in optischen Standard-Einmodenfasern hervorgerufen, die bei der Fertigung von optischen Standard-Einmodenfasern zufällig entstehen. Durch die aufgrund derartiger Dichteschwankungen entstehenden lokalen Änderungen des Brechungsindex in optischen Standard-Einmodenfasern wird das zu übertragende optische Signal in unterschiedliche Richtungen gestreut. Bei einer zu hohen Raman-Verstärkung, d.h. einer zu hohen Ramanpumpleistung, wird die "Amplified Spontaneous Emission" (ASE), d.h. das von optischen Verstärkern dem optischen Signal bzw. Datensignal hinzugefügte optische Rauschen, des optischen Ramanverstärkers

derartig erhöht, daß in der Übertragungsfaser eine selbstständige Oszillation des Ramanpumpsignals angeregt wird, wobei dieser Effekt insbesondere bei einer Ramanverstärkung deutlich größer als der Rayleighrückstreureflex zusätzlich
5 verstärkt wird.

Daher wird die maximale in die optische Faser eingekoppelte optische Ramanpumpleistung bei bestehenden optischen Übertragungssystemen bzw. Ramanverstärkeranordnungen entsprechend
10 gering gehalten, um ein derartiges Oszillieren zu vermeiden. Desweiteren ist beim Einsatz von Ramanpumpleistungen kleiner 1 Watt die erreichbare effektive Rauschzahl der Ramanverstärkeranordnung begrenzt - siehe hierzu Govind P. Agrawal, "Non-linear Fiber Optics", Academic Press, 1995, auf den Seiten
15 477 bis 480, wodurch der optische Signal-Rausch-Abstand (OSNR) des optischen Datensignal zusätzlich verschlechtert wird.

Des Weiteren sind aus der Veröffentlichung "Ultra Low Nonlinearity Low Loss Pure Silica Core Fiber for Long-Haul WDM-Transmission" von T. Kato et al., Electronic Letters, vol.35, no.19, p.1615-17, September 1999, optische Fasern mit einem Faserquerschnitt von größer $110 \mu\text{m}^2$ und einer geringen Dämpfungskonstante von 0,17 dB/km bei einer Signalwellenlänge von
20 1550 nm bekannt, welche einen im Vergleich zu herkömmlichen optischen Standard-Einmodenfasern um 30 % reduzierten Nichtlinearitätskoeffizienten aufweisen und somit eine nahezu verzerrungsfreie Übertragung von optischen Signalen über Entfernungen von einigen hundert Kilometern ermöglichen.

30

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, die Verstärkung von optischen Signalen unter Ausnutzung des Raman Effektes zu optimieren. Die Aufgabe wird ausgehend von einer Ramanverstärkeranordnung gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs
35 des Patentanspruches 1 durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils gelöst.

Der wesentliche Aspekt der erfindungsgemäßen Ramanverstärkeranordnung ist darin zu sehen, daß als optisches Übertragungsmedium eine Serienschaltung aus einer sendeseitig angeordneten Standard-Einmodenfaser, einer ersten optischen Faser und einer empfangsseitig angeordneten zweiten optischen Faser vorgesehen ist, wobei ein optisches Pumpsignal empfangsseitig in die zweite optische Faser zur Erzeugung des Raman-Effektes in der ersten optischen Faser eingekoppelt wird und die erste optische Faser einen effektiven Faserquerschnitt kleiner als $60 \mu\text{m}^2$ und eine Nichtlinearitätskonstante größer als $1 \cdot 10^1$ 1/W und die zweite optische Faser einen effektiven Faserquerschnitt größer als $100 \mu\text{m}^2$ und eine Nichtlinearitätskonstante kleiner als $1 \cdot 10^{-8}$ 1/W aufweist. Durch den erfindungsgemäß hohen effektiven Querschnitt von über $100 \mu\text{m}^2$ und der geringen Nichtlinearitätskonstante von $1 \cdot 10^{-8}$ 1/W der zweiten optischen Faser kann das optische Pumplicht mit nur geringem Dämpfungsverlust (ca. 3 dB) zur ersten optischen Faser übertragen werden, in der gezielt eine Verstärkung des optischen Datensignals mit Hilfe des erzeugten Raman-Effektes durchgeführt werden kann. Somit kann der Verstärkungspunkt weiter entfernt vom Empfänger (ca. > 80 km) gewählt werden, wodurch die regenerationsfrei überbrückbare optische Übertragungsstrecke erfindungsgemäß erhöht wird, d.h. das über die erfindungsgemäß verkürzte optische Standard-Einmodenfaser übertragene - somit weniger stark gedämpfte - optische Datensignal wird in einem weiter entfernt vom Empfänger angeordneten Verstärkungspunkt bereits verstärkt. Zusätzlich ist der Einfluß der Höhe des Rauschens der ASE im Vergleich zur Amplitude des Datensignals im Verstärkungspunkt aufgrund des weniger stark gedämpften Datensignals geringer, wodurch die effektive Rauschzahl der Ramanverstärkeranordnung verbessert wird.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Ramanverstärkeranordnung ist darin zu sehen, daß die erste und zweite optische Faser einen Rayleighstreuoeffizienten kleiner als -33 dB und eine Faserdämpfung kleiner als 0,3 dB/km bei der jeweils vorgesehenen Pumpwellenlänge aufweist - Anspruch 2.

Durch die geringe Faserdämpfung und den kleinen Rayleighstreckkoeffizienten können erfindungsgemäß hohe Pumpleistungen (ca. > 1 Watt) in das optische Übertragungsmedium eingekoppelt werden, ohne störende Oszillationen des Pumpsignals im Übertragungsmedium zu erzeugen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Ramanverstärkeranordnung sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

10

Die Erfindung wird im folgenden anhand von einem Blockschaltbild - Figur 1 - näher erläutert. Figur 1 zeigt hierzu beispielhaft in einem Blockschaltbild den schematischen Aufbau der erfindungsgemäßen Ramanverstärkeranordnung zur Verstärkung von optischen Signalen.

15

In Figur 1 ist beispielsweise eine optische Sendeeinheit OTU und eine optische Empfangseinheit ORU aufweisende, optische Übertragungsstrecke OTL dargestellt, wobei ein Ausgang o der optischen Sendeeinheit OTU über eine optische Standard-Einmodenfaser SSMF, eine erste und zweite optische Faser OF1, OF2 und einen optischen Koppler OK mit einem Eingang i der optischen Empfangseinheit ORU verbunden ist. Die Übergangsstellen zwischen optischer Standard-Einmodenfaser SSMF und erster optischer Faser OF1 bzw. zwischen erster und zweiter optischer Faser OF1, OF2 sind in Figur 1 als erste bzw. zweite optische Spleisstelle SS1, SS2 bezeichnet. Des Weiteren ist der optische Koppler OK über eine optische Pumpfaser OPF an einen Ausgang o aufweisende optische Pumpsignaleinheit PSU angeschlossen. Hierbei ist das optische Übertragungsmedium OTM erfindungsgemäß aus einer Serienschaltung der optischen Standard-Einmodenfaser SSMF, der ersten und zweiten optischen Faser OF1, OF2 zusammengesetzt.

30

Desweiteren weist erfindungsgemäß die erste optische Faser OF1 einen ersten effektiven Faserquerschnitt Q_1 kleiner als $60 \mu m^2$ und eine erste Nichtlinearitätskonstante n_1 größer als

1*10¹ 1/W und die zweite optische Faser OF2 einen zweiten effektiven Faserquerschnitt Q2 größer als 100 µm² und eine zweite Nichtlinearitätskonstante n2 kleiner als 1*10⁻⁸ 1/W auf, d.h. der erste effektive Faserquerschnitt Q1 ist kleiner als der zweite effektive Faserquerschnitt Q2 und die erste Nichtlinearitätskonstante n1 ist größer als die zweite Nichtlinearitätskonstante n2. Zusätzlich weisen die erste und zweite optische Faser OF1, OF2 einen Rayleighstreuungskoeffizienten beispielsweise kleiner als -33 dB und eine Faserdämpfung kleiner als 0,3 dB/km bei der jeweils vorgesehenen Pumpwellenlänge λ_p, beispielsweise 1450 nm, auf.

Gemäß Figur 1 wird ein optisches Datensignal bzw. Signal os mit einer Wellenlänge λ_s, beispielsweise 1550 nm, von der optischen Sendeeinheit OTU erzeugt, am Ausgang o abgegeben und anschließend in die optische Standard-Einmodenfaser SSMF eingekoppelt. Das optische Signal os(λ_s) wird im folgenden vom Ausgang o der optischen Sendeeinheit OTU über die optische Standard-Einmodenfaser SSMF, über die erste optische Faser OF1, über die zweite optische Faser OF2 und über den optischen Koppler OK zum Eingang i der optischen Empfangseinheit ORU übertragen, wobei durch die strichliert gezeichnete, optische Standard-Einmodenfaser SSMF die bei bislang realisierten optischen Übertragungsstrecken OTL vorliegende Entfernung, beispielsweise von mehreren hundert Kilometern, zwischen optischer Sende- und Empfangseinheit OTU, ORU angedeutet wird. Desweiteren ist der Verstärkungspunkt AP bzw. der Abschnitt der ersten optischen Faser OF1 beispielhaft durch eine punktiert gezeichnete Linie angedeutet, an bzw. in dem das optische Signal os(λ_s) verstärkt werden sollte, um eine weitere verlustarme Übertragung des optischen Signals os zur optischen Empfangseinheit ORU zu gewährleisten bzw. um am Eingang i der optischen Empfangseinheit ORU das optische Signal os rückzugewinnen zu können.

35

In der optischen Pumpsignaleinheit PSU wird ein optisches Pumpsignal ps mit einer zuvor festgelegten Pumpwellenlänge λ_p

und einer Pumpintensität I_p erzeugt und vom Ausgang o der Pumpsignaleinheit PSU über die optische Pumpfaser OPF an den optischen Koppler übertragen. Das optische Pumpsignal ps wird mit Hilfe des optischen Kopplers OK in die zweite optische Faser OF eingekoppelt und breitet sich entgegengesetzt zur Übertragungsrichtung des optischen Signals os von der zweiten zur ersten optischen Faser OF1, OF2 aus. Durch das optische Pumpsignal ps wird in der ersten optischen Faser OF1 der Raman-Effekt initiiert, d.h. es entsteht in der ersten optischen Faser OF ein Raman-Linienspektrum bzw. mehrere Stokes-Wellen unterschiedlicher Wellenlänge durch die das optische Signal os in der ersten optischen Faser OF1 an einem Verstärkungspunkt AP eine gezielte Verstärkung erfährt. Durch die geringe Faserdämpfung in der ersten und zweiten optischen Faser OF1, OF2 und den jeweils kleinen Rayleighstreuoeffizienten können erfindungsgemäß hohe Pumpleistungen (ca. > 1 Watt) in das optische Übertragungsmedium OTM eingekoppelt werden, ohne das durch eingekoppelte Pumpsignale ps störende Oszillationen im Übertragungsmedium OTM hervorgerufen werden.

Desweiteren wird erfindungsgemäß durch den zweiten hohen effektiven Faserquerschnitt Q_2 von beispielsweise über $100 \mu m^2$ und die geringe erste Nichtlinearitätskonstante von $1 \cdot 10^{-8} \text{ l/W}$ das optische Pumpsignal ps in der zweiten optischen Faser OF2 mit nur geringem Dämpfungsverlust (ca. 3 dB) zur ersten optischen Faser OF2 übertragen. In dieser kann anschließend gezielt eine effektive Verstärkung des optischen Datensignals os mit Hilfe des in der ersten optischen Faser OF1 durch das Pumpen mit dem optischen Pumpsignal ps erzeugten Raman-Effektes durchgeführt werden. Somit kann der Verstärkungspunkt AP weiter entfernt vom der optischen Empfangseinheit ORU (ca. > 80 km) gewählt werden, wodurch die regenerationsfrei überbrückbare optische Übertragungsstrecke erfindungsgemäß erhöht wird, d.h. das über die erfindungsgemäß verkürzte optische Standard-Einmodenfaser SSMF übertragene und somit weniger stark gedämpfte, optische Signal os wird in einem weiter entfernt vom der optischen Empfangseinheit ORU ange-

5 ordneten Verstärkungspunkt AP vorverstärkt. Zusätzlich wird hierdurch der Einfluß der Höhe des Rauschens der ASE im Vergleich zur Amplitude des optischen Signals os im Verstärkungspunkt AP aufgrund des weniger stark gedämpften optischen Signals os deutlich reduziert, wodurch die effektive Rauschzahl der Ramanverstärkeranordnung verbessert wird.

10 Gegebenenfalls können mehrere optische Pumpsignale ps mit unterschiedlichen Pumwellenlängen λ_p in der Pumpsignaleinheit PSU erzeugt und über die optische Pumpfaser OPF und den optischen Koppler OK in die zweite optische Faser OF2 eingekoppelt werden - in Figur 1 nicht dargestellt. Hierdurch kann eine Formung des Raman-Linienspektrums realisiert werden, womit mehrere optische Datensignale bzw. in unterschiedlichen
15 optischen Kanälen und/oder optischen Frequenzbändern übertragene optische Übertragungssignale os effektiv verstärkt werden können.

20 Die erfindungsgemäße Ramanverstärkeranordnung ist keinesfalls auf WDM-Übertragungssysteme beschränkt, sondern kann zur Verstärkung von optischen Signalen OS auf beliebigen optischen Übertragungstrecken OTL eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Ramanverstärkeranordnung zur Verstärkung von über ein Übertragungsmedium (OTM) übertragenen optischen Signalen

5 (os),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß als optisches Übertragungsmedium (OTM) eine Serienschaltung aus einer sendeseitig angeordneten Standard-

Einmodenfaser (SSMF), einer ersten optischen Faser (OF1) und

10 einer empfangsseitig angeordneten zweiten optischen Faser

(OF2) vorgesehen ist, wobei ein optisches Pumpsignal (ps)

empfangsseitig in die zweite optische Faser (OF2) zur Erzeugung des Raman-Effektes in der ersten optischen Faser (OF1)

eingekoppelt wird und die erste optische Faser (OF1) einen

15 effektiven Faserquerschnitt (Q1) kleiner als $60 \mu\text{m}^2$ und eine

Nichtlinearitätskonstante (n1) größer als $1 \cdot 10^1 \text{ 1/W}$ und die

zweite optische Faser (OF2) einen effektiven Faserquerschnitt

(Q2) größer als $100 \mu\text{m}^2$ und eine Nichtlinearitätskonstante

(n2) kleiner als $1 \cdot 10^{-8} \text{ 1/W}$ aufweist.

20

2. Ramanverstärkeranordnung nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die erste und zweite optische Faser einen Rayleighstreuungskoeffizienten kleiner als -33 dB und eine Faserdämpfung kleiner

25 als 0,3 dB/km bei der jeweils vorgesehenen Ramanpumpwellenlänge aufweist.

3. Ramanverstärkeranordnung nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

30 daß eine optische Koppereinheit (OK) zur Einkopplung des in

einer optischen Pumpsignaleinheit (PSU) erzeugten optischen

Pumpsignals (ps) in die zweite optische Faser (OF2) vorgesehen ist.

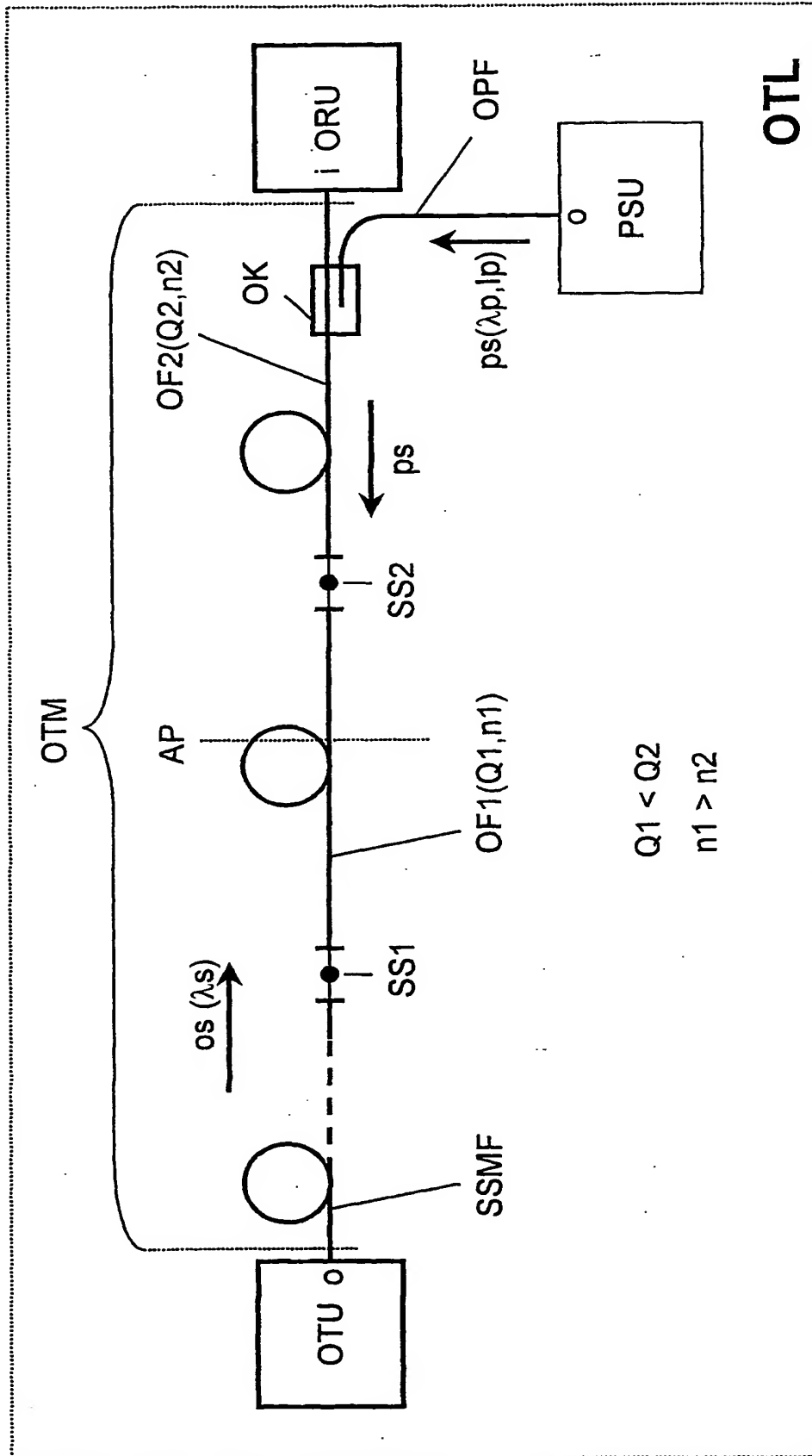
35 4. Ramanverstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

10

daß die Länge der zweiten optischen Faser (OF2) abhängig von der Dämpfung des optischen Pumpsignals (ps) im Bereich von 30 - 80 km liegt.

5

FIG. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/00446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04B10/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 57822 A (BHAGAVATULA VENKATA A ; CORNING INC (US); EVANS ALAN F (US)) 11 November 1999 (1999-11-11) page 18, line 18 - page 20, line 24 page 21, line 15 - line 26 figure 4	1-4
A	KATO T ET AL: "Ultra-low nonlinearity low-loss pure silica core fibre for long-haul WDM transmission" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 35, no. 19, 16 September 1999 (1999-09-16), pages 1615-1617, XP006012676 ISSN: 0013-5194 cited in the application page 1615 - page 1617	1-4



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 July 2001

Date of mailing of the international search report

01/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Carrasco Comes, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCI/DE 01/00446

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>OKUNO T ET AL: "Silica-based functional .. fibers with enhanced nonlinearity and their applications" IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, SEPT.-OCT. 1999, IEEE, USA, vol. 5, no. 5, pages 1385-1391, XP002172423 ISSN: 1077-260X * Zusammenfassung * page 1385, last paragraph -page 1386, last paragraph table 1</p>	1-4
A	<p>BRANDON E ET AL: "Raman limited, truly unrepeated transmission at 2.5 Gbit/s over 453 km with +30 dBm launch signal power" 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION. ECOC '98 (IEEE CAT. NO.98TH8398), PROCEEDINGS OF ECOC '98 - 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION, MADRID, SPAIN, 20-24 SEPT. 1998, pages 563-564 vol.1, XP002172424 1998, Madrid, Spain, Telefonica, Spain ISBN: 84-89900-14-0 cited in the application page 563, left-hand column figure 1</p>	1-4
A	<p>EP 0 708 538 A (FUJITSU LTD) 24 April 1996 (1996-04-24) page 4, line 44 - line 56 page 7, line 47 -page 8, line 19 figure 1</p>	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Patent Application No

PCT/DE 01/00446

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9957822	A	11-11-1999	AU 4307199 A BR 9910101 A CN 1299540 T EP 1076946 A	23-11-1999 26-12-2000 13-06-2001 21-02-2001
EP 0708538	A	24-04-1996	JP 8171102 A US 6160942 A	02-07-1996 12-12-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00446

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B10/17

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 99 57822 A (BHAGAVATULA VENKATA A ; CORNING INC (US); EVANS ALAN F (US)) 11. November 1999 (1999-11-11) Seite 18, Zeile 18 - Seite 20, Zeile 24 Seite 21, Zeile 15 - Zeile 26 Abbildung 4	1-4
A	KATO T ET AL: "Ultra-low nonlinearity low-loss pure silica core fibre for long-haul WDM transmission" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 35, Nr. 19, 16. September 1999 (1999-09-16), Seiten 1615-1617, XP006012676 ISSN: 0013-5194 in der Anmeldung erwähnt Seite 1615 - Seite 1617	1-4

-/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Juli 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Carrasco Comes, N

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>OKUNO T ET AL: "Silica-based functional fibers with enhanced nonlinearity and their applications"</p> <p>IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, SEPT.-OCT. 1999, IEEE, USA, Bd. 5, Nr. 5, Seiten 1385-1391, XP002172423</p> <p>ISSN: 1077-260X</p> <p>* Zusammenfassung *</p> <p>Seite 1385, letzter Absatz -Seite 1386, letzter Absatz</p> <p>Tabelle 1</p>	1-4
A	<p>BRANDON E ET AL: "Raman limited, truly unrepeated transmission at 2.5 Gbit/s over 453 km with +30 dBm launch signal power"</p> <p>24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION. ECOC '98 (IEEE CAT. NO.98TH8398), PROCEEDINGS OF ECOC '98 - 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION, MADRID, SPAIN, 20-24 SEPT. 1998,</p> <p>Seiten 563-564 vol.1, XP002172424</p> <p>1998, Madrid, Spain, Telefonica, Spain</p> <p>ISBN: 84-89900-14-0</p> <p>in der Anmeldung erwähnt</p> <p>Seite 563, linke Spalte</p> <p>Abbildung 1</p>	1-4
A	<p>EP 0 708 538 A (FUJITSU LTD)</p> <p>24. April 1996 (1996-04-24)</p> <p>Seite 4, Zeile 44 - Zeile 56</p> <p>Seite 7, Zeile 47 -Seite 8, Zeile 19</p> <p>Abbildung 1</p>	1-4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffe

, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00446

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9957822	A	11-11-1999	AU	4307199 A	23-11-1999
			BR	9910101 A	26-12-2000
			CN	1299540 T	13-06-2001
			EP	1076946 A	21-02-2001
EP 0708538	A	24-04-1996	JP	8171102 A	02-07-1996
			US	6160942 A	12-12-2000

THIS PAGE LEFT BLANK